

**HAITI PRODUCTIVE LAND USE SYSTEMS PROJECT**

**SOUTH-EAST CONSORTIUM FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT**

**AND**

**AUBURN UNIVERSITY**

**Novembre 1996**

**Essai Comparatif d'Espèces de *Casuarina* sp. à Lapila,  
(Pignon) Haïti: Résultats après Cinq Ans de Croissance**

**par**

**Carmel André Béliard, Louis Verret, Joël Timyan et Yvon Elie**

**SECID/Auburn PLUS Report No.36**

**USAID/HAITI ECONOMIC GROWTH OFFICE**

Ce travail a été réalisé sous le Contract No. 521-0217-C-00-5031-00 avec l'USAID. Les opinions exprimées ici sont celles des auteurs et n'engagent pas l'Agence des Etats-Unis d'Amérique pour le Développement International.  
This document was produced under USAID Contract No. 521-0217-C-00-5031-00. The expressed opinions of the authors are not necessarily those of USAID.

## RESUME

*Casuarina equisetifolia* est l'espèce du genre *Casuarina* la plus connue et la plus répandue en Haïti. Elle est originaire de l'Asie du Sud-Est. Au cours des dernières années, son utilisation dans les programmes de reboisement en Haïti s'est accrue considérablement, à cause de son adaptabilité à une gamme variée de conditions écologiques. Cette espèce a une grande valeur pour la production de charbon et de bois de construction à cause de sa densité élevée de bois et sa forme excellente. La présente étude compare deux sous-espèces de *C. equisetifolia* et une provenance de *C. cristata*. Elle a été initiée par l'IRG en 1989 à Lapila (Pignon). Elle rentre dans le cadre d'un programme plus large d'amélioration génétique d'espèces forestières importantes que réalise le SECID/Auburn University pour le compte du Projet PLUS financé par l'USAID. Le présent rapport informe sur les résultats de cet essai, 5 ans après sa mise en place.

**Survie.** Pour les deux périodes d'observation, les taux de survie ont été supérieurs pour l'espèce *Casuarina cristata* 1476, avec 94,8% et 88,5% à 1 et 5 ans, respectivement. La sous-espèce, *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* (7085), a eu un taux de survie légèrement inférieur (87,5%), bien que la différence ne soit pas significative à 95% de probabilité. L'autre sous-espèce, *C. equisetifolia* ssp. *incana*, a accusé le taux de survie le plus faible après 5 ans, soit 64,6%. Le taux de survie élevé à Lapila pour le *C. cristata*, contraste avec les observations de Moortele (1979), Bihun (1982), Dupuis (1986) et Unda (1989) dans des essais où cette espèce a montré un faible taux de survie.

**Croissance en Hauteur.** *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* a occupé le premier rang à 1 et 5 ans, suivie de *C. cristata* et *C. equisetifolia* ssp. *incana*. Des différences de croissance en hauteur ont augmenté considérablement entre 1 et 5 ans. Le *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* a accusé la meilleure hauteur moyenne après 5 ans (7,4 m), ce qui correspond à un accroissement annuel de 1,5 m. La croissance en hauteur la moins élevée a été observée pour la sous-espèce *incana* (4,8 m après 5 ans). Pourtant, il n'y a pas eu de différence significative à 95% de probabilité avec la sous-espèce *equisetifolia*, à cause de la variabilité en hauteur observée dans l'essai à Lapila. La croissance en hauteur pour le *C. cristata* est encourageante, comparée aux résultats des autres essais à Vaudreuil et à Puilboreau (Bihun, 1982; Unda, 1989).

**Croissance en Diamètre.** Les diamètres ( $D_{0,1}$  et DHP) ont suivi la même tendance que la hauteur pour la sous-espèce *incana*. Pour les deux paramètres, la sous-espèce *incana* a montré une croissance inférieure à celle des deux autres *Casuarinas*. Après 5 ans, *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* a eu un plus grand  $D_{0,1}$ , tandis que le *C. cristata* a montré un plus grand DHP. Les différences pour ces deux paramètres entre les deux espèces n'étaient pas significatives. Une différence statistique a été détectée entre la sous-espèce *incana* et chacune des *Casuarinas* les plus performantes pour le DHP et le  $D_{0,1}$ .

La moyenne de DHP pour le site fut de 4,2 cm, allant de 3,3 cm pour la sous-espèce *incana* jusqu'à 5,0 cm pour la *C. cristata*. La moyenne de  $D_{0,1}$  pour le site fut de 6,5 cm, avec la plus grande différence entre la sous-espèce *equisetifolia* (7,5 cm) et la sous-espèce *incana* (5,0 cm). La moyenne de  $D_{0,1}$  pour la *C. cristata*, 6,9 m, ne s'est pas montrée différente des autres.

**Rendement en Bois.** Il y a eu des différences de rendements en bois entre le *C. cristata* (11,6 kg/arbre) et la sous-espèce *incana* (5,0 kg/arbre). La sous-espèce *equisetifolia* a eu une moyenne de 8,1 kg/arbre qui n'est pas différente des autres. Considérant le faible taux de survie de la sous-espèce *incana*, le rendement en bois à l'hectare est même plus grand entre cette sous-espèce et les autres. Le *C. cristata* a eu un rendement estimé à 27,4 tonnes métriques/ha, suivie de la sous-espèce *equisetifolia* (18,9 tonnes métriques/ha) et de la sous-espèce *incana* (8,6 tonnes métriques/ha). Cette différence est suffisante pour le rejet de la sous-espèce *incana* comme une alternative viable à la sous-espèce *equisetifolia* plus connue en Haïti. La variabilité de *C. cristata* dans l'essai appuie les conclusions des autres essais soutenant que cette espèce doit être choisie avec prudence, à cause de sa plus grande sensibilité d'adaptation aux conditions de site.

## Recommandations

(1) Eliminer *C. equisetifolia* ssp. *incana* dans l'essai pour éviter son hybridation avec la sous-espèce *equisetifolia*. Convertir l'essai en sources de semences locales de *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* et *C. cristata*, par la sélection d'individus de forme et de vigueur supérieures et l'établissement de conditions appropriées pour la production de semences. Les semences de l'essai modifié doivent être incluses dans des programmes de reboisement, pour élargir la base génétique de *C. equisetifolia equisetifolia* et *C. cristata*. Ainsi, PLUS augmenterait les opportunités de sélectionner un génotype plus adapté aux conditions typiques des fermiers haïtiens. Eliminer l'espèce la moins performante en cas d'hybridation naturelle.

(2) Continuer à importer des semences de *C. equisetifolia equisetifolia* et *C. cristata* (également le *C. glauca* et le *C. cunninghamiana* pour les zones de hautes altitudes) provenant directement des pays d'origine de l'espèce et collectées par des institutions réputées, travaillant dans l'amélioration génétique forestière, notamment le CSIRO en Australie. Etablir des vergers à partir de ces collections, maintenant les provenances et espèces pures et isolées les unes des autres pour éviter l'hybridation, sur des sites stables, afin d'anticiper la demande pour cette espèce en Haïti.

(3) Poursuivre l'évaluation de l'essai modifié pour une plus longue période, particulièrement pour la résistance aux pestes, maladies et ouragans, la tolérance aux conditions de sols alcalins et rocailleux, la qualité du bois, la forme supérieure et autres paramètres ayant un impact économique pour les fermiers haïtiens.

(4) Mettre l'accent sur l'importance de sélectionner les conditions appropriées de site pour la croissance de l'espèce, des pratiques sylvicoles et des produits ligneux à haute valeur ajoutée, qui maximiseraient le potentiel du *Casuarina* à générer des revenus pour le fermier haïtien.

(5) Poursuivre l'investigation sur les meilleures pratiques de gestion, particulièrement propagation, éclaircie, élagage et récolte, dans le contexte de divers modèles agroforestiers (lots boisés, bosquets énergétiques ou *jaden chabon*, arbres d'ombrage, brise-vent) en Haïti.

## SUMMARY

*Casuarina equisetifolia* is the most common and widespread species of the genus in Haiti. It is native to SE Asia. During recent decades, the species has been introduced throughout Haiti in reforestation programs, in part because of its adaptability to a wide range of site conditions. The species is a valued source of wood for charcoal production and beams for house construction because of its wood density and excellent form. The current study compares two subspecies of *C. equisetifolia* and a provenance of *C. cristata* originating from Australia. The trial was initiated by IRG in 1989 at Lapila (Pignon). It is part of a larger program to improve tree germplasm of important species, managed by SECID/Auburn University within the USAID PLUS project. The following report summarizes the 5-year results of the trial.

**Survival.** For both measurement periods at 1 and 5 years, the best survival was achieved by *C. cristata* 1476, with 94,8% and 88,5% at 1 and 5 years, respectively. The subspecies, *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* (7085), exhibited a slightly lower survival rate (87,5%), though not significant at the 95% probability level. The other subspecies, *C. equisetifolia* ssp. *incana*, survived the poorest (64.6%) after 5 years. The high survival of *C. cristata* at Lapila is in sharp contrast to its poor survival at trials examined by Moortele (1979), Bihun (1982), Dupuis (1986) and Unda (1989) in which survival was poor.

**Height Growth.** *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* ranked first at both 1 and 5 years, followed by *C. cristata* and *C. equisetifolia* ssp. *incana*. Height differences among the 3 accessions increased considerably between 1 and 5 years. The subspecies *equisetifolia* achieved the best average height after 5 years (7.4 m), corresponding to a mean annual increment of 1.5 m. The poorest height growth after 5 years was observed for subspecies *incana* (4.8 m). Despite this wide range in height, no statistical differences were detected at the 95% probability level due to experimental error. The height growth of *C. cristata* is encouraging in comparison to the trials at Vaudreuil and Morne Puilboreau (Bihun, 1982; Unda, 1989).

**Diameter Growth.** Stem diameters (DBH and  $D_{0,1}$ ) followed the same trend as height for subspecies *incana*. For both parameters, the subspecies *incana* exhibited the poorest growth compared to the other two accessions. After 5 years, subspecies *equisetifolia* achieved the highest mean  $D_{0,1}$ , while *C. cristata* attained the highest mean DBH. The difference for both parameters between the two species did not show a statistical difference. A difference was detected between subspecies *incana* with the each of the top performers for DBH and  $D_{0,1}$ .

The average DBH for the site was 4.2 cm, ranging from 3.3 cm for ssp. *incana* to 5.0 cm for *C. cristata*. The average  $D_{0,1}$  for the site was 6.5 cm, with the largest difference between ssp. *equisetifolia* (7.5 cm) and ssp. *incana* (5.0 cm). The mean  $D_{0,1}$  for *C. cristata*, 6.9 cm, did not test different from the others.

**Wood Yield.** Differences were detected between the wood yield of *C. cristata* (11.6 kg/tree) and the subspecies *incana* (5.0 kg/tree). The average yield of subspecies *equisetifolia* (8.1 kg/tree)

was not different from the top and bottom ranks. Considering the poorer survival rate of subspecies *incana*, even larger differences in wood yield on a hectare basis were observed. *C. cristata* showed an average yield of 27.4 metric tons/ha, followed by subspecies *equisetifolia* (18.9 metric tons/ha) and subspecies *incana* (8.6 metric tons/ha). This difference is sufficient to reject the subspecies *incana* as a viable alternative to the more common subspecies *equisetifolia* in Haiti. The variability of *C. cristata* yields in the experiment support the conclusions of the other trials that this species should be selected with caution because of its greater site sensitivity.

## Recommendations

(1) Eliminate *C. equisetifolia* ssp. *incana* from the trial to avoid hybridization with subspecies *equisetifolia*. Convert the trial as an in-country seed source of *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* and *C. cristata* by the selection of individuals of superior vigor and form combined with the proper spacing for seed production. Seed from the trial should be included in reforestation programs to broaden the genetic base of the species in Haiti, thereby increasing the opportunities of selecting a broadly adapted genotype. Eliminate the poorer performing species from the trial if natural hybridization occurs.

(2) Continue an effort to import seed for *C. equisetifolia equisetifolia* and *C. cristata* (along with *C. glauca* and *C. cunninghamiana* for high-elevation areas) harvested from their native range by reputable forestry institutions with tree improvement programs, most notably CSIRO in Australia. Establish seed orchards with collections of known provenance origin, keeping provenances pure and isolated from each other, on secure sites and in response to the anticipated demand of the species in Haiti.

(3) Follow the modified trial for a longer period to observe insect, disease and wind resistance, tolerance to alkaline soil conditions, wood properties and other characteristics effecting the species' economic impact to Haitians.

(4) Emphasize the importance of proper site selection, silvicultural procedures and value-added wood products that would maximize the potential of *Cauarina* to generate income.

(5) Observe the best management techniques adapted to local economic and ecological conditions, particularly propagation, thinning and harvesting techniques within the context of various agroforestry models (wood lots, charcoal gardens, shade trees, wind breaks) in Haiti.

## TABLE DES MATIERES

Résumé .....	i
Summary .....	iii
Table des Matières .....	v
Liste des Tableaux et Figures .....	vi
Remerciements .....	vii
Liste des Sigles .....	viii
Introduction .....	1
Revue des Essais de <i>Casuarina</i> en Haïti .....	1
Objectifs .....	2
Matériels et Méthodes .....	2
Caractéristiques du Site .....	2
Obtention de Semences .....	3
Production de Matériel Expérimental .....	3
Dispositif Expérimental .....	4
Variables Mesurées et Observations .....	4
Analyse de l'Information .....	4
Résultats et Discussions .....	5
Survie .....	5
Croissance en Hauteur .....	6
Croissance en Diamètre et Rendement en Bois .....	7
Conclusions .....	10
Recommandations .....	10
Bibliographie .....	11

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Caractéristiques écologiques du site de l'essai .....	2
Tableau 2	Origine et caractéristiques des différentes provenances .....	3
Tableau 3	Dispositif expérimental utilisé à Lapila .....	4
Tableau 4	Moyennes de taux de survie (%) .....	5
Tableau 5	Moyennes de hauteur (m) .....	7
Tableau 6	Moyennes de diamètre .....	8

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Localisation sur la carte d'Haiti du site à Lapila .....	3
Figure 2.	Courbes de survie des différentes espèces .....	6
Figure 3.	Comportement en hauteur (m) .....	8
Figure 4.	Rendement en bois (kg/arbre) .....	9

## **REMERCIEMENTS**

Le SECID/Auburn tient à remercier vivement les organisations et personnalités qui ont contribué et ont coopéré dans la réalisation de cette étude. D'une manière très spéciale, ces remerciements s'adressent à IRG qui a assuré l'installation des essais; OFI et CATIE qui furent les entités qui ont collaboré dans l'obtention des semences pour l'exécution de cette étude; USAID qui a assuré le financement de cette étude dans le cadre des projets AOP, AFII et PLUS; ODH qui a permis la production des plantules; Comité de Bienfaisance de Pignon (Lapila) pour avoir fourni le terrain et entretenu l'essai, particulièrement pendant la période d'embargo où le projet a été mis en veilleuse; Drs. Dennis Shannon et Zach Lea, pour leur appui et leurs suggestions dans la présentation du texte final; à Agr. Marguerite Blémur pour son aide dans l'édition du texte; et au staff administratif du SECID, pour son intérêt, sa collaboration et son appui dans le développement du présent travail.

## SIGLES DES INSTITUTIONS

AF II	Agroforestry II
AOP	Agroforestry Outreach Project
AU	Auburn University
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBP	Comité de Bienfaisance de Pignon
FAO	Food and Agricultural Organization
IRG	International Resources Group, Ltd.
ODH	Operation Double Harvest
OFI	Oxford Forestry Institute
PADF	Pan American Development Foundation
PLUS	Productive Land Use Systems
SECID	South East Consortium for International Development
USAID	United States Agency for International Development

## INTRODUCTION

*Casuarina equisetifolia* est l'espèce du genre *Casuarina*, la plus connue et la plus répandue en Haïti. Elle est originaire de Malaisie, d'Indonésie, de Philippines, d'Australie et d'Océanie en général. Ce n'est pas un conifère, bien que la similitude des feuilles cylindriques avec celles des aiguilles de pin et la ressemblance des fruits aux cônes de pin, aient donné lieu à des noms vulgaires comme *pin d'Australie* ou *pich pen*. Au cours des dernières années, son utilisation dans les programmes de reboisement en Haïti s'est accrue considérablement, à cause de son adaptabilité à une gamme variée de conditions écologiques. De plus, cette espèce a une grande valeur pour la production de charbon et de bois de construction. Elle est également utilisée dans les brise-vents, la conservation des sols, les plantations en bordures et elle possède une valeur ornementale (BOSTID, 1984; Geilfus, 1989). L'absence de régénération naturelle, la faible capacité de taillis, et la susceptibilité de *C. equisetifolia* à la verse et aux dommages des ouragans, limitent son utilisation en Haïti. Le *C. cristata* et le *C. glauca* sont deux espèces qui se reproduisent par drageons et pour cette raison, ils se prêtent mieux aux coupes successives. Bien qu'elle ne soit pas une légumineuse, cette espèce manifeste une forte potentialité de fixation d'azote, en association avec le *Frankia*.

Toujours dans le souci de mieux orienter la diffusion de semences de bonne qualité génétique et de promouvoir l'utilisation de provenances répondant mieux aux exigences des sites de reboisement, la présente étude comparative de deux sous-espèces de *C. equisetifolia* et une provenance de *C. cristata* a été initiée par l'IRG en 1989. Elle rentre dans le cadre des essais expérimentaux que réalise le SECID/Auburn University pour le compte du Projet PLUS financé par l'USAID. Le présent rapport a pour but d'informer les intéressés sur les résultats de cet essai, 5 ans après sa mise en place.

### Revue des Essais de *Casuarina* en Haïti

Le grand intérêt qu'a suscité cet arbre à usages multiples au cours des dernières années, a stimulé l'établissement de parcelles expérimentales dans le pays, notamment les essais d'espèces du genre *Casuarina* implantés en Haïti par la FAO (Moortele, 1979; Bihun, 1982), ceux financés par la Banque Mondiale et l'USAID, établis au début des années 1980 (Dupuis, 1986; Unda, 1989). Un total de 24 essais, représentant 9 espèces de *Casuarina*, furent évaluées par Dupuis. Malheureusement, 75% des essais étaient en dessous de l'âge de 2 ans et trop jeunes pour tirer des conclusions pertinentes relatives au potentiel économique à long terme du genre en Haïti. Les espèces les plus communes représentées ont été: *C. equisetifolia* (18 essais), *C. glauca* (12 essais), *C. cunninghamiana* (8 essais) and *C. cristata* (5 essais). Les essais les plus anciens ont été ceux établis par la FAO au milieu des années 1970s à Vaudreuil, O'Gorman (deux sites de basse altitude) et Furcy (un site d'altitude moyenne). Dans l'essai de 10 ans de Vaudreuil, *C. equisetifolia* a accusé des taux de survie et des rendements supérieurs à ceux de *C. cristata*, avec un taux de survie double et des rendements triples en volume de bois (53% vs. 31%; 0.097 m<sup>3</sup>/arbre vs. 0.035 m<sup>3</sup>/arbre). L'essai de 9 ans d'O'Gorman ne révéla aucune différence en rendements entre ces deux espèces (0.005 m<sup>3</sup> /arbre), bien que le *C. cristata* ait montré un taux

de survie plus du double de celui de *C. equisetifolia* (59% vs. 26%). La plus performante dans l'essai de O'Gorman a été le *C. cunninghamiana*, avec 67% de survie et 0.014 m<sup>3</sup> /arbre. Au site plus élevé près de Furcy (al. 1.600 m), *C. glauca* a démontré la meilleure performance avec des taux de survie de 67% et des rendements de 0.009 m<sup>3</sup> /arbre. *C. equisetifolia* a accusé la moitié du taux de survie (37%), mais les deux tiers du rendement (0.006 m<sup>3</sup> tree<sup>-1</sup>). *C. cristata* a donné un rendement de 0.002 m<sup>3</sup> /arbre à un taux de survie de 40%. Un essai de *Casuarina* de 6 ans à Puilboreau, établi par PADF en 1982, a montré une légère supériorité de *C. equisetifolia* (9.5 m à 70% de survie) sur *C. glauca* (8.5 m à 90%) et *C. cunninghamiana* (6.8 m à 85%). Les autres espèces qui ont échoué ont été: *C. cristata*, *C. littoralis*, et *C. stricta* (Unda, 1989).

## OBJECTIFS

(1) Evaluer le comportement de différentes espèces et sous-espèces du genre *Casuarina* dans les conditions du Plateau Central.

(2) Elargir la base génétique du *Casuarina* en Haïti par l'introduction de nouvelles provenances sélectionnées d'Australie et, sélectionner les génotypes qui présentent un comportement supérieur dans le site de l'étude.

(3) Constituer, à partir des phénotypes supérieurs identifiés, des sources de semences indispensables pour les programmes de reboisement importants.

## MATERIELS ET METHODES

### Caractéristiques du Site

Cet essai est conduit sur un site de Lapila, situé dans la commune de Pignon, laquelle relève du Département du Nord. Les caractéristiques du site sont présentées au **Tableau 1**. En outre, la **Figure 1** permet de constater la localisation du site.

**Tableau 1. Caractéristiques du site à Lapila.**

LATITUDE	19°18'
LONGITUDE	72°06'
ALTITUDE (m)	350
PLUVIOMETRIE (mm/an)	1250
SAISON PLUVIEUSE	avril-mai; août-oct
ZONE ECOLOGIQUE DE HOLRIDGE	forêt sèche sous-tropicale
PENTE (%)	0-2
SOL (pH)	7.8
SOL (% argile)	5
SOL (ppm P)	9-17
SOL (% matière organique)	4.8

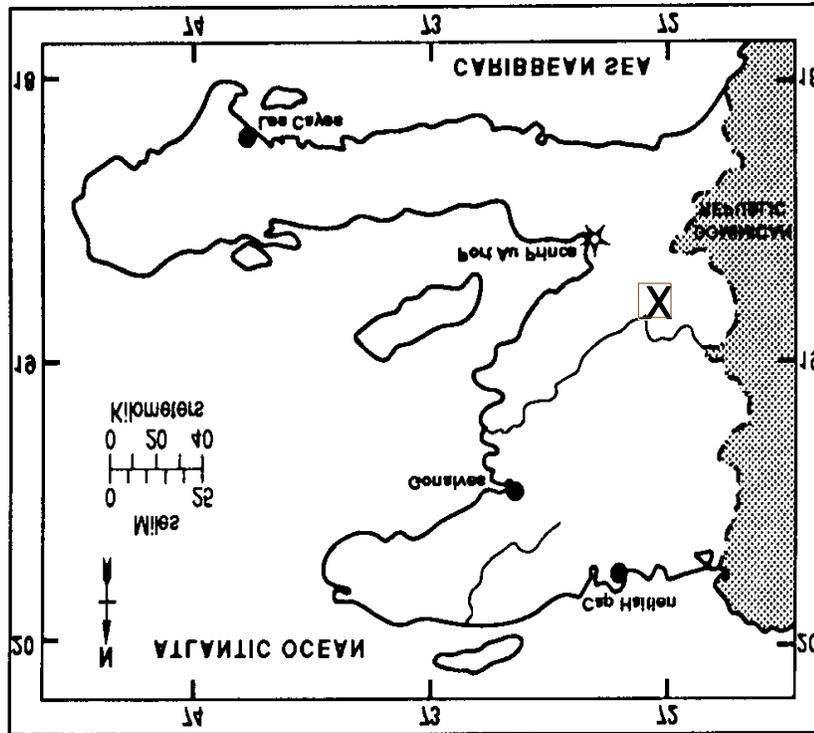


Figure 1. Localisation sur la carte d'Haïti du site à Lapila (X).

### Obtention de Semences

L'essai a fait intervenir deux (2) sous-espèces de *C. equisetifolia* (ssp. *equisetifolia* = 70/85; ssp. *incana* = 71/85) et une provenance de *C. cristata* (1476). L'information sur les origines de ces espèces et sous-espèces, sont présentées au **Tableau 2**. Ces lots de semences certifiées ont été obtenus des banques de semences de CATIE et d'OFI à partir de phénotypes supérieurs qui ont été sélectionnés par le CSIRO en Australie.

**Tableau 2. Origine et caractéristiques des sous-espèces de *C. equisetifolia* et une provenance de *C. cristata* utilisées dans cette étude.** Le nombre d'arbres-mères, si connu, est entre parenthèses. Sources identifiées: C = CATIE, O =Oxford Forestry Institute.

NO.	ESPECE	ORIGINE	ALT (m)	LATITUDE	LONGITUDE	PLUV (mm)
C1476	<i>C. cristata</i>	Eidsvold, Queensland, Australie	330	25° 20'S	150° 31'E	1579
O70/85	<i>C. equisetifolia equisetifolia</i>	Wangetti Beach, Queensland, Australie (10)	2	16° 41'S	145° 00'E	1559
O71/85	<i>C. equisetifolia incana</i>	Emu Park, Queensland, Australie (10)	3	23° 13'S	84° 12'W	1909

### Production de Matériel Expérimental

Les plantules ont été élevées à la pépinière de l'ODH (Opération Double Harvest) à Roche

Blanche aux environs de la Croix des Bouquets. Le semis s'est réalisé dans des caisses de 90 alvéoles, à raison d'environ 3 semences par alvéole. Le medium de préparation était "Haiti Mix" préparé par l'ODH. Il est constitué de 70% de bagasse de canne bien décomposée, de 15% de paille de riz et de 15% de terre fine, le tout additionné d'un engrais complet 20-20-20 (Josiah, 1989). Chaque alvéole contient environ 130cm<sup>3</sup> d'Haiti Mix. Le *Frankia* a été récolté à partir des nodules radiculaires d'un peuplement voisin de *C. equisetifolia*, broyé et ajouté au medium afin d'assurer l'inoculation. Les semences n'ont reçu aucun traitement pré-germinatif.

Les plantules élevées en pépinière ont été l'objet d'observations quotidiennes jusqu'à ce qu'elles soient prêtes pour la plantation en plein champ. Les plantules ont été transplantées à l'âge de 7 mois.

### Dispositif Expérimental

Le dispositif est constitué de quatre (4) blocs complets randomisés pour l'ensemble des provenances. Les parcelles sont de forme rectangulaire, comportant chacune vingt quatre (24) plantules (8 x 3) avec des espacements de 2,5m x 1,5m. Tous les arbres ont été mesurés pour analyses. Le **Tableau 3** donne un résumé des caractéristiques du dispositif utilisé pour l'essai.

**Tableau 3. Dispositif expérimental d'essai à Lapila .**

DATE ETABLISSEMENT	2 Juin, 1989
PROVENANCES	3
REPETITIONS	4
ARBRES/PARCELLE	24
ESPACEMENT (m)	1.5 x 2.5

### Variables Mesurées et Observations

Les variables suivantes ont été quantifiées après la mise en terre des plantules en plein champ:

- 1) Survie en % après 6, 12 et 60 mois;
- 2) Hauteur totale, en mètre après 6, 12 et 60 mois;
- 3) Diamètre à 1,30 m du sol, en cm, après 60 mois; et
- 4) Diamètre à 0,1 m du sol, en cm, après 60 mois.

D'autres informations relatives au comportement et aux dommages pouvant affecter l'arbre et les données, ont été aussi prises en considération. Les observations n'ont pu être recueillies à 36 mois à cause de l'arrêt des activités du projet en 1992.

### Analyse de l'Information

Les données collectées sur le terrain ont été traitées en général sur ordinateur à partir du tableur Lotus 123 afin de pouvoir constituer un fichier de données brutes comportant les informations sur les variables sur lesquelles doivent porter les analyses statistiques périodiques.

Les données de survie, comme une distribution binomiale, ont été transformées par l'arcsine de la racine de la proportion survie, selon Steel et Torrie (1980). Les rendements en bois ont été estimés en utilisant les équations de biomasse présentées dans Timyan (1996), basées sur la récolte d'un peuplement de *C. equisetifolia* près de Port-au-Prince. Les analyses de variance pour chaque essai et paramètre ont été effectuées par le logiciel SAS (SAS, 1988). Ensuite les provenances furent comparées par site au moyen du test de "LSD" pour les essais ayant le même nombre de répétitions. Pour les analyses dont le nombre de répétitions n'était pas balancé, le test de Waller-Duncan (MSD) a été utilisé. Les graphiques ont été élaborées à partir de DrawPerfect 1.0. La publication de ce rapport a été réalisée au moyen du WordPerfect 6.1.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Survie

Les taux de survie évalués à 1 et 5 ans après la mise en place de l'essai, sont présentés au **Tableau 4**. Pour les deux périodes d'observation, les taux de survie ont été supérieurs pour l'espèce *Casuarina cristata* 1476, avec 94,8% et 88,5% à 1 et 5 ans, respectivement. La sous-espèce *equisetifolia* (7085) a atteint un taux de survie légèrement plus bas (87,5%), quoique non significatif au niveau de probabilité de 95%. L'autre sous-espèce *incana* a eu le taux de survie le plus faible (64,6%) après 5 ans. Ce taux a été significativement différent des 2 autres *Casuarinas*. La **Figure 2** présente la comparaison des différences de survie des provenances testées.

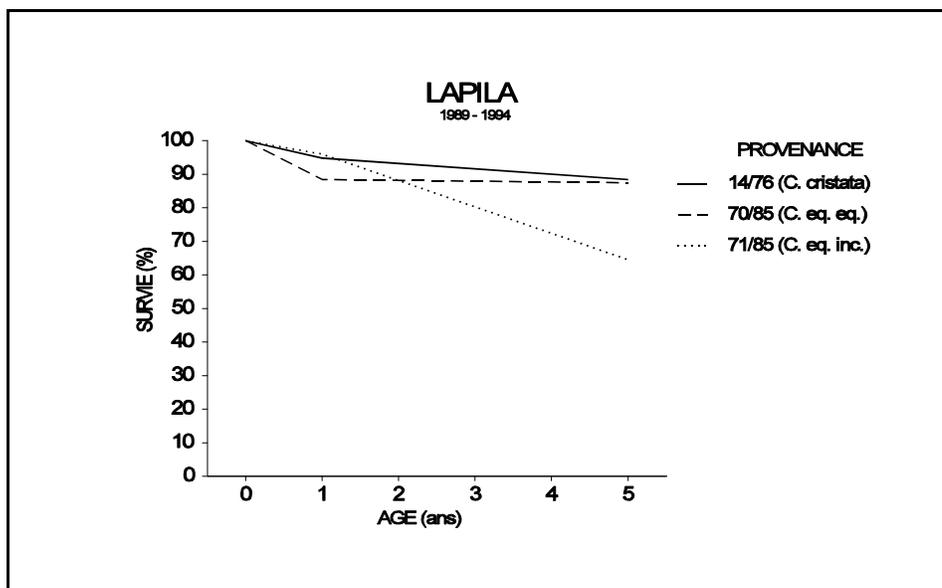
**Tableau 4. Moyennes de taux de survie (%) de 2 sous-espèces de *C. equisetifolia* et une provenance de *C. cristata* après 1 et 5 ans de croissance à Lapila.** Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas différentes par le Test LSD,  $\alpha = 0.05$ . (NB: Le Test de LSD a été calculé en utilisant les données transformées.)

NO.	ESPECE	1 AN	5 ANS
1476	<i>C. cristata</i>	94,8	88,5 a
70/85	<i>C. equisetifolia</i> ssp. <i>equisetifolia</i>	93.8	87,5 a
71/85	<i>C. equisetifolia</i> ssp. <i>incana</i>	75.0	64,6 b
	X	86.45	80.20
	SE	3.03	4.04
	Pr > F	0.0127	0.0214

Les résultats dans cette étude contrastent vivement avec les taux de survie rapportés par Moorteel (1975), Bihun (1982), Dupuis (1986) et Unda (1989) pour le *C. cristata*. Les taux de survie à 2 et 7 ans pour cette espèce ont été rapportés comme 61,3% et 49,3%, respectivement, et pour un site (Vaudreuil, Plaine du Cul-de-Sac) qui paraît être plus fertile et humide. Le *C. cristata* a eu un taux de survie à Morne Puilboreau de 10% après 6 ans.

Les taux de survie de 2 provenances de *C. equisetifolia* dans le même essai à Vaudreuil ont été de 93,4% et 87,4% après 2 et 7 ans, respectivement. Le taux de survie dans l'essai à Morne Puilboreau a été de 70% pour *C. equisetifolia*. Ces taux sont plus ou moins similaires à ceux obtenus à Lapila pour la sous-espèce *equisetifolia*.

**Figure 2. Courbes de survie des différentes espèces et sous-espèces de *Casuarina* testées après 5 ans de croissance à Lapila.**



Tenant compte des conditions du site, on peut admettre que généralement ce taux de reprise enregistré pour ces espèces est considéré satisfaisant, particulièrement pour *C. cristata*. Cependant, même à 5 ans, il est trop tôt de prédire la performance à long terme de *Casuarina* sur des sols rocailloux superficiels reposant sur du tuff. Des individus sains de *C. equisetifolia*, âgés approximativement de 7 ans et voisins sur le même site, ont succombé à la suite d'attaques dont la cause est inconnue. Le *Casuarina* est susceptible à une multitude de pestes et de maladies quand il est stressé (NAS, 1984; Timyan, 1996).

### **Croissance en Hauteur**

La hauteur totale représente une variable dendrométrique pour évaluer l'adaptation de l'espèce aux conditions du site. Le **Tableau 5** présente un récapitulatif des moyennes de hauteur totale pour les différentes espèces et sous-espèces testées, après 1 et 5 ans de croissance. Durant la première année, l'analyse statistique a révélé que la 70/85, *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia*, a montré la plus forte croissance avec 1,0 m de hauteur. La 1476, *C. cristata*, a été significativement inférieure, avec une hauteur de 0,6 m, selon la preuve de LSD. La 71/85, *C. equisetifolia* ssp. *incana*, avec une hauteur de 0,9 m, n'a pas été différente des deux autres.

Après 5 ans, la différence en hauteur moyenne entre les espèces et les 2 sous-espèces a augmenté considérablement. La sous-espèce *equisetifolia* a maintenu la supériorité de sa performance, suivie de *C. cristata* et de la sous-espèce *incana*. Un accroissement annuel moyen de 1,5 m a été accusé par *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia*, à laquelle appartient un individu qui a atteint jusqu'à 14,5 m de hauteur, soit environ 3,0 m par année. Cependant, l'hétérogénéité de

l'essai, particulièrement en association avec le *C. cristata* dans le troisième bloc, a causé une grande erreur au niveau des espèces. On n'a pas pu déterminer des différences de moyennes de hauteur entre les espèces testées, même après l'élimination du troisième bloc dans les analyses statistiques. Les résultats qui sont présentés au **Tableau 5**, n'ont pas inclus les données du troisième bloc.

**Tableau 5. Moyennes de hauteur (m) de 2 sous-espèces de *C. equisetifolia* et d'une provenance de *C. cristata* après 1 et 5 ans de croissance à Lapila.** Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas différentes selon le Test de LSD,  $\alpha = 0.05$ .

NO.	ESPECE	1 AN (m)	5 ANS (m)
1476	<i>C. cristata</i>	0,6 b	6,9 a
70/85	<i>C. equisetifolia</i> ssp. <i>equisetifolia</i>	1,0 a	7,4 a
71/85	<i>C. equisetifolia</i> ssp. <i>incana</i>	0,9 ab	4,8 a
	X	0,82	6,37
	SE	0,06	0,58
	Pr > F	0.1024	0.1814
	LSD <sub>0.05</sub>	0,32	3,28

La **Figure 3** illustre la comparaison de hauteur entre les différentes espèces de *Casuarina* après cinq ans de croissance. Il convient de noter le grand intervalle de confiance (à 95% de probabilité) pour le *C. cristata* 1476.

Les 2 sous-espèces de *C. equisetifolia* de l'essai à Vaudreuil, ont atteint un accroissement en hauteur moyenne annuelle de 1,4 m pendant 7 ans (1975–1982). De plus, ceci est remarquablement similaire aux taux de croissance atteints par *C. equisetifolia* dans cette étude. Le *C. cristata* dans cette étude croît à un rythme légèrement plus rapide que la performance obtenue au site de Vaudreuil (1,2 m vs. 0,9 m), qui est remarquable en considérant que Vaudreuil est beaucoup plus fertile. La variation parmi les provenances et les 2 sous-espèces de *C. cristata* peut expliquer une partie de ce phénomène.

### Croissance en Diamètre et Rendement en Bois

Le diamètre de la tige a suivi la même tendance que la hauteur totale de l'arbre (**Tableau 6**). Le plus grand DHP moyen a été atteint par *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia*, suivie de *C. cristata* and *C. equisetifolia* ssp. *incana*. Les différences ont été observées au niveau de probabilité de 95% pour le DBH et le  $D_{0.1}$ . La position supérieure a changé entre la sous-espèce *equisetifolia* et la *C. cristata* pour les deux paramètres. *C. cristata* a obtenu le plus grand DHP moyen, tandis que la sous-espèce a atteint le plus grand  $D_{0.1}$  moyen. Les résultats dans le **Tableau 6** n'ont pas inclus les données du troisième bloc, qui a été éliminé à cause d'un problème d'hétérogénéité.

Le DHP moyen pour le site a été de 4,2 cm, allant de 3,3 cm pour la sous-espèce *incana* jusqu'à 5,0 cm pour la *C. cristata*. Le DHP moyen pour la sous-espèce *equisetifolia* ne s'est pas montré significatif par rapport aux deux autres. Le  $D_{0.1}$  moyen pour le site a été 6,5 cm, avec une

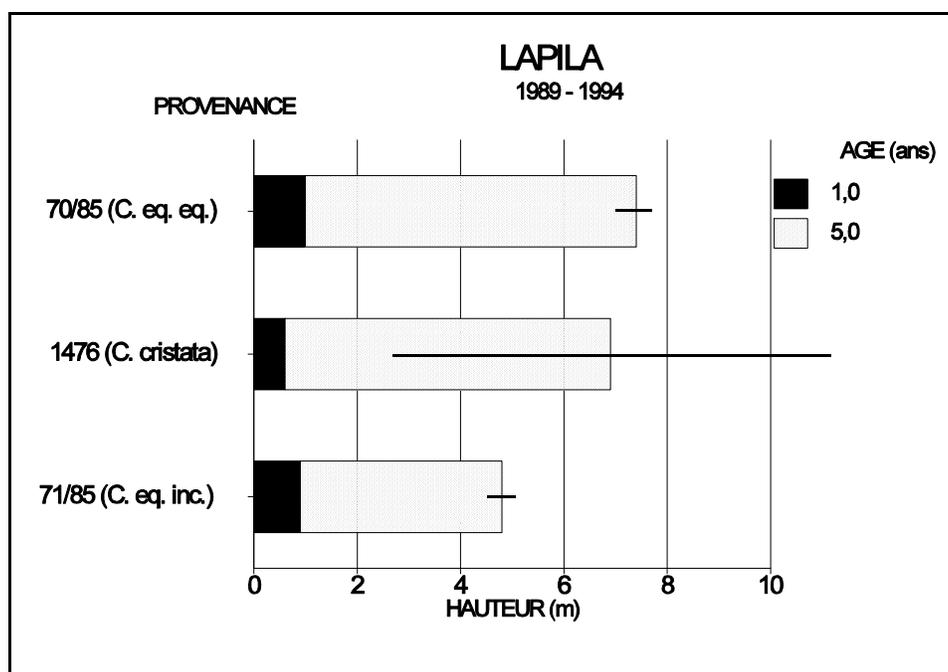


Figure 3. Comportement en hauteur de 2 sous-espèces de *C. equisetifolia* et d'une provenance de *C. cristata* après 5 ans de croissance à Lapila. Les intervalles de confiance à 95% de probabilité sont indiqués par les barres situées au sommet des composantes de l'histogramme.

plus grande différence entre les sous-espèces qu'entre les 2 espèces. Le  $D_{0,1}$  moyen pour la *C. cristata*, 6,2 cm, ne s'est pas révélé différent des autres.

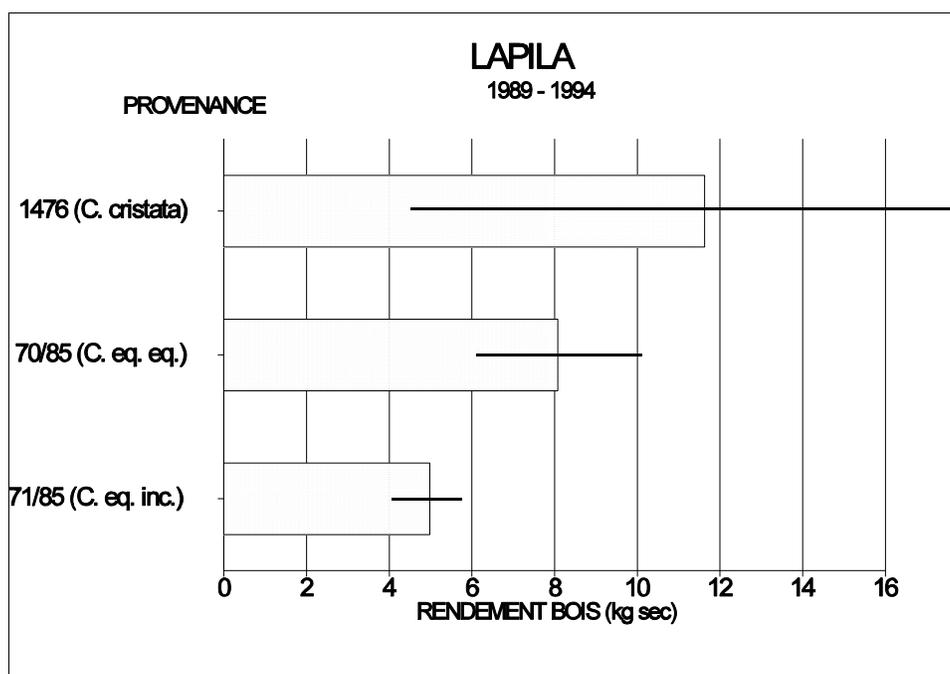
Tableau 6. Moyennes de diamètre (DHP et  $D_{0,1}$ ), en cm, et de rendement en bois (kg/arbre) de 2 sous-espèces de *C. equisetifolia* et une sous-espèce de *C. cristata* après 5 ans de croissance à Lapila. Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas différentes selon le Test de LSD,  $\alpha = 0.05$ .

No.	Espèce	DPH (cm)	$D_{0,1}$ (cm)	BOIS (kg/arbre)
1476	<i>C. cristata</i>	5,0 a	6,9 ab	11,6 a
70/85	<i>C. equisetifolia</i> ssp. <i>equisetifolia</i>	4,3 ab	7,5 a	8.1 ab
71/85	<i>C. equisetifolia</i> ssp. <i>incana</i>	3,3 b	5,0 b	5.0 b
	X	4,21	6,49	8.23
	SE	0,34	0,55	1.22
	Pr > F	0,0905	0,0809	0.0468
	LSD <sub>0,05</sub>	1,50	2,30	4,86

Les 2 espèces de *Casuarina* à l'essai de la FAO à Vaudreuil ont atteint des taux de croissance en diamètre plus élevés que leurs homologues à Lapila. Ces différences ont été plus grandes pour *C. equisetifolia*, où des accroissements moyens annuels de 1,7 ont été rapportés, contre 0,9 cm à Lapila. *C. cristata* a accusé un accroissement moyen annuel de 1,1 cm à Vaudreuil contre 0,8 cm à Lapila. Ceci n'est pas surprenant en considérant la fertilité du site de

Vaudreuil et le fait qu'il est entouré de parcelles irriguées avec des sols alluviaux.

Les différences de rendements en bois ont été observées entre les *Casuarinas* au niveau de 95% de probabilité. Quoique la *C. cristata* ait produit la plus grande quantité de bois (11,6 kg/arbre), cette quantité n'a pas été significative par rapport au rendement de la sous-espèce *equisetifolia* (8,1 kg/arbre) à cause de la variabilité existant avec la *C. cristata*. La sous-espèce *incana* a produit un rendement beaucoup moindre, 5,0 kg/arbre. Se référant aux différences de survie, celles de rendement en bois à l'hectare sont même plus grandes entre la sous-espèce *incana* et les autres. Le rendement de la sous-espèce *incana* a été un tiers de celui de *C. cristata* (8,6 tonnes métriques ha<sup>-1</sup> vs. 27,4 tonnes métriques ha<sup>-1</sup>) et la moitié de celui de la sous-espèce *equisetifolia*. Cette différence est suffisante pour le rejet de la sous-espèce *incana* comme une alternative viable à la sous-espèce *equisetifolia* la plus commune en Haïti. Cependant, à cause des limitations évidentes en Haïti de la régénération de *C. equisetifolia* à partir de semences, la capacité d'émission de rejets et de drageons radiculaires de *C. cristata* a favorisé sa sélection pour la production de bois. Cependant, la *C. cristata* est beaucoup plus sensible aux changements des qualités de site, comme prouvé dans cette étude et dans les autres essais. Les autres facteurs, comme la forme qui n'a pas été évaluée dans cette étude, doivent être aussi considérés pour le meilleur choix de *Casuarina* selon le site. Les différences dans la production de bois entre les 3 *Casuarinas* sont présentées à la **Figure 4**.



**Figure 4.** Rendement en bois (kg sec/arbre) de 2 sous-espèces de *C. equisetifolia* et un provenance de *C. cristata* après 5 ans de croissance à Lapila. Les intervalles de confiance à 95% de probabilité sont indiqués par les barres situées au sommet des composantes de l'histogramme.

## CONCLUSIONS

D'une façon générale, la croissance a été satisfaisante lorsqu'on considère les limitations du site, particulièrement un sol rocaillieux avec une pluviométrie modérée. Le taux de survie élevé de *C. cristata* et *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia*, ont excédé de loin les moyennes obtenues ordinairement dans le Haut Plateau Central. Ces *Casuarinas* sont de plus grande taille et statistiquement différents de *C. equisetifolia* ssp. *incana*. Ceci est encourageant à cause de la haute valeur de l'espèce comme une source de bois de construction pour les fermiers de PLUS. (Smucker and Timyan, 1995).

Cet essai a mis en évidence la meilleure adaptabilité de la sous-espèce la plus répandue en Haïti, le *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia*. En considérant la qualité de site comme Lapila, la sous-espèce *incana* n'est pas une alternative satisfaisante. La performance de la *C. cristata* doit être considérée à la lumière de sa variabilité, comme on a observé dans cette étude pour les paramètres hauteur et rendement en bois. Quand on compare la *C. cristata* avec les autres espèces de *Casuarina* dans les essais plus âgés, l'espèce ne montre pas la grande adaptabilité désirée pour une plus grande utilisation. Dans quelques configurations agroforestières, avec un certain nombre d'individus sélectionnés pour leur bonne forme et leur vigueur, on peut être s'attendre à une production de bois satisfaisante avec sa capacité d'émettre des drageons. Une autre sous-espèce, *C. cristata* subsp. *pauper*, est mieux adaptée aux conditions sèches de sols alcalins (NRC, 1984), bien que cette sous-espèce ne soit pas encore testée en Haïti. Une certaine précaution doit être prise dans l'extrapolation des résultats de Lapila à d'autres sites et époques en Haïti, particulièrement à des sites écologiquement très différents. Les autres espèces de *Casuarina* semblent plus adaptées aux hautes altitudes, en particulier la *C. glauca* et la *C. cunninghamiana*. La production agressive de drageons est un attribut de *C. glauca* qui doit être géré par les fermiers pour des rendements multiples de poteaux, gaules, charbon, et bois de construction dans les régions montagneuses où la terre a une grande valeur, mais est très susceptible à l'érosion. La survie à long-terme de n'importe quelle espèce de *Casuarina* est questionnable si les fermiers n'appliquent pas des méthodes de propagation pour satisfaire le besoin de régénération de la population.

## RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes pourraient contribuer à obtenir des résultats positifs avec le *Casuarina*:

(1) Eliminer la *C. equisetifolia* ssp. *incanca* dans l'essai pour éviter l'hybridation avec la *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia*. Convertir l'essai de *C. equisetifolia* ssp. *equisetifolia* en source de semences locales par la sélection au niveau individuel et l'établissement de conditions optimales pour la production de semences. L'essai contient une base génétique variée en plus de celle qui existe déjà en Haïti, bien que cette base soit encore relativement restreinte par rapport aux populations rencontrées à l'intérieur de son rang de distribution naturelle. Collecter des semences à partir des individus bien conformés et en bonne santé.

(2) Continuer à importer des semences de provenances collectées directement dans les pays d'origine de l'espèce, notamment le CSIRO en Australie. Etablir des vergers à partir de ces

collections, sur des sites sûrs, maintenant les provenances et espèces pures et isolées les unes des autres pour éviter l'hybridation, afin d'anticiper la demande pour cette espèce en Haïti.

(3) Poursuivre l'évaluation de l'essai modifié pour une plus longue période, particulièrement pour la résistance aux pestes et maladies, la tolérance aux conditions de sols alcalins et rocailleux, la qualité du bois et autres paramètres ayant un impact économique pour les fermiers haïtiens.

(4) Mettre l'accent sur l'importance de sélectionner les conditions appropriées de site pour la croissance de l'espèce, des pratiques sylvicoles et des produits ligneux à haute valeur ajoutée qui maximiseraient le potentiel du *Casuarina* à générer des revenus pour le fermier haïtien.

(5) Poursuivre l'investigation sur les meilleures pratiques de gestion, particulièrement propagation, éclaircie, élagage et récolte, dans le contexte de divers modèles agroforestiers (lots boisés, bosquets énergétiques ou *jaden chabon*, arbres d'ombrage, brise-vent) en Haïti.

## BIBLIOGRAPHIE

Bihun, Y. 1982. *Seven-year-old results from two FAO agroforestry trials in the Cul-de-Sac area of Haiti*. USAID, Port-au-Prince.

BOSTID. 1984. *Casuarinas: nitrogen-fixing tree for adverse sites*. National Academy Press, Washington D.C.

Dupuis, R. 1986. *An evaluation of current Agroforestry Outreach Project, FAO and World Bank species trials in Haiti*. University of Maine, Port-au-Prince.

Geilfus, F. 1989. *El arbol al servicio del agricultor: manual de agroforesteria para el desarrollo rural. Vol 2: guia de especies*. ENDA-CARIBE y CATIE, Santo Domingo.

Josiah, J. S. 1989. *Gid Pepinyeris*. Pan American Development Foundation, Port-au-Prince.

Moortele, W. van de. 1979. *Essais d'introduction d'essences forestières en Haïti: interprétation des résultats après 2 ans de croissance*. FAO, Port-au-Prince.

NRC. 1984. *Casuarinas: Nitrogen-fixing Trees for Adverse Sites*, National Academy Press, Washington D.C.

SAS. 1988. *SAS Procedures Guide*, Release 6.03 Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Smucker, G. R. and J. C. Timyan. 1985. *Impact of tree planting in Haiti: 1982–1995*. Port-au-Prince, SECID/Auburn University.

Steel, R. G. D. et J. H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics*, New York: McGraw-

Hill Book Co.

Timyan, J. C. 1996. *Bwa-Yo: Important Trees of Haiti*. South-East Consortium for International Development, Washington D.C.

Unda, A. 1989. *Assessment of the six Casuarina species 1982 trial at Morne Puilboreau*. Pan American Development Foundation, Port-au-Prince.